

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 26 JAN 2004
WIPO PCT

101236608

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 55 704.7

Anmeldetag: 29. November 2002

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Gasmessvorrichtung und Verfahren mit
Störkompensation

IPC: G 01 N 27/12

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Leihwille

Nitschke

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161
03/00
EDV-L

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 STUTTGART

5

R. 303903

Gasmessvorrichtung und Verfahren mit Störkompensation

10

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Gasmessvorrichtung mit
Störkompensation gemäß dem Oberbegriff des Patent-
anspruches 1 und ein Verfahren mit Störkompensation
gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 10.

Stand der Technik

20

Zur Messung der Gaskonzentration und zwar insbeson-
dere der Konzentration von Kohlenmonoxid CO, Stick-
oxid NO und Kohlenwasserstoffen CxHy werden im Au-
tomobilbereich wegen der geringen Kosten Halblei-
tersensoren eingesetzt. Die Mehrzahl der Halblei-
tersensoren sind Leitfähigkeitssensoren auf der Ba-
sis von SnO₂. Das Messergebnis kann beispielsweise
dazu dienen, eine Umluftklappe im einem Kraftfahr-
zeug zu öffnen oder zu schließen.

30

Die oben genannten Sensoren zeichnen sich neben den
geringen Kosten auch durch eine gute Empfindlich-
keit für das zu messende Gas aus. Nachteilhafter-

weise weisen sie aber auch eine Reihe von Quereffekten auf, welche die Signalauswertung erschweren. Reduzierende Gase, wie beispielsweise Kohlenmonoxid, verursachen eine Erhöhung der Leitfähigkeit des Halbleitersensors. Oxidierende Gase, wie beispielsweise Stickstoffdioxid, verursachen hingegen eine Verringerung der Leitfähigkeit des Halbleitersensors. Zudem führt die starke Adsorption von Wasser an der Oberfläche des SnO₂-Halbleitersensors zu einem störenden Quereffekt. Das gebundene Wasser erhöht die Leitfähigkeit der gassensitiven SnO₂-Schicht signifikant. Die von der sensitiven SnO₂-Schicht adsorbierte Menge an Wasser ist in erheblichem Maße von der Temperatur abhängig. Damit ist auch die Änderung der Leitfähigkeit der SnO₂-Schicht stark temperaturabhängig. Bei einer Temperatur unterhalb von 200 °C werden vom Halbleiter-sensor wesentlich größere Mengen an Wasser gebunden als bei höheren Temperaturen. Die adsorbierte Wassermenge lässt sich mittels einer TDS-Messung nachweisen. Nach einer gewissen Zeit stellt sich ein von der Temperatur abhängiges Gleichgewicht zwischen adsorbiertem und desorbiertem Wasser ein. Bei einem Temperaturwechsel liegt die Zeitkonstante bis zum Erreichen eines neuen Gleichgewichts zwischen wenigen Minuten und einigen Stunden. Die Zeitkonstante hängt dabei von den vorherigen Umgebungsbedingungen ab.

Dieser Effekt tritt insbesondere in der Phase nach dem Einschalten oder in Betrieb nehmen des Halbleitersensors besonders störend in Erscheinung.

Wird der Sensor bei Umgebungstemperatur über mehrere Wochen gelagert, stellt sich im Verlauf dieser Zeit das für diese Temperatur geltende Gleichgewicht an Sättigung zwischen adsorbiertem und desorbiertem Wasser ein. Dieses Gleichgewicht wird im folgenden auch als Sättigungsgleichgewicht bezeichnet. Um mit dem Sensor Gasmessungen durchführen zu können, wird der Sensor auf eine Betriebstemperatur von ca. 330 °C gebracht. Die gegenüber der Lager-temperatur erhöhte Temperatur von 330 °C führt dazu, dass solange Wasser desorbiert wird, bis sich ein neues Sättigungsgleichgewicht gebildet hat. Dies hat während dieser Zeit zur Folge, dass die Leitfähigkeit kontinuierlich sinkt, auch wenn die Gaskonzentration konstant bleibt. Die daraus resultierende Abnahme der Leitfähigkeit korreliert mit einer Leitfähigkeitsänderung, wie sie von einem großen Anstieg der NO-Konzentration hervorgerufen wird.

20 Dies hat zur Folge, dass die Messung der NO-Konzentration während der Zeit, während der sich ein neues Sättigungsgleichgewicht einstellt, mit einem erheblichen Messfehler behaftet ist.

25

Darstellung der Erfindung

Die erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung mit Stör-kompensation mit den in Patentanspruch 1 angegebe-nen Merkmalen bietet gegenüber dem Stand der Tech-nik den Vorteil einer hohen Messgenauigkeit und zwar umgehend nachdem die Gasmessvorrichtung in Be-trieb genommen wurde, das heißt nachdem sie einge-

schaltet wurde. Dies wird dadurch erreicht, dass die Gasmessvorrichtung mit Störkompensation einen Gassensor zum Erzeugen eines gaskonzentrationsabhängigen Messsignals, welches einen Störanteil aufweisen kann, umfasst. Dem Gassensor ist ein Hochpassfilter mit einstellbarer Grenzfrequenz nachgeschaltet. Die Grenzfrequenz ist dabei mittels einer Auswahleinheit abhängig vom Störanteil vorgebbar.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Gasmessung mit Störkompensation mit den in Patentanspruch 10 angegebenen Merkmalen hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass die Messung bereits unmittelbar nach dem Einschalten der Gasmesseinrichtung mit hoher Genauigkeit erfolgen kann. Das Verfahren weist dazu folgende Schritte auf. Mittels eines Gassensors wird ein von der Gaskonzentration abhängiges Messsignal erzeugt, welches einen Störanteil aufweisen kann. Anschließend wird das Messsignal mittels eines Hochpassfilters mit einstellbarer Grenzfrequenz gefiltert, wobei die Grenzfrequenz von einer Auswahleinheit abhängig vom Störanteil vorgegeben wird.

15 20 25 30

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den abhängigen Patentansprüchen angegebenen Merkmalen.

So ist in einer Weiterbildung der Erfindung ein Tiefpassfilter vorgesehen, das zwischen die Auswerteeinheit und den Gassensor geschaltet ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist eine Recheneinheit zwischen die Auswerteeinheit und das

Tiefpassfilter geschaltet. Die Recheneinheit ist zur Berechnung der Steigung eines vom Tiefpassfilter stammenden Filterausgangssignals vorgesehen.

- 5 In einer zusätzlichen Weiterbildung der Erfindung ist die Auswahleinheit ausgangsseitig mit einem Steuereingang des Hochpassfilters verbunden und derart ausgebildet, dass damit anhand der Steigung des Filterausgangssignals ein Wert auswählbar ist,
- 10 mittels welchem die Grenzfrequenz des Hochpassfilters einstellbar ist.

In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung ist die Auswahleinheit derart ausgebildet, dass damit ein erster Filterwert vorgebbar ist, wenn die Differenz zwischen dem Sensorwert und einem Sollwert einen Grenzwert überschreitet. Zudem ist ein zweiter Filterwert vorgebbar, wenn die Differenz zwischen dem Sensorwert und dem Sollwert innerhalb eines bestimmten Bereichs liegt. Schließlich ist ein dritter Filterwert vorgebbar, wenn der Sensorwert dem Sollwert entspricht.

In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung sind der erste, der zweite und der dritte Filterwert Zeitkonstanten.

Vorteilhafter Weise ist bei der erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung dem Hochpassfilter ein Komparator nachgeschaltet. Damit kann das gefilterte Signal mit einem Schwellenwert verglichen werden.

Bei einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung ist der Gassensor ein SnO₂-Gassensor.

5 Schließlich kann bei einer weiteren Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung der Gassensor derart ausgebildet sein, dass damit Stickoxid messbar ist.

10

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden wird die Erfindung anhand von drei Figuren weiter erläutert.

15

Figur 1 zeigt in Form eines Signalflussdiagrammes die prinzipielle Vorgehensweise zur Kompen-
sation der Störung.

20

Figur 2 zeigt in Form eines Blockdiagramms den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung.

25

Figur 3 zeigt den Verlauf mehrerer Signale, wie sie bei der erfindungsgemäßen Gasmessvorrich-
tung auftreten können.

Wege zur Ausführung der Erfindung

30

In Figur 1 ist der prinzipielle Verlauf des Signal-
flusses der Gasmessvorrichtung gezeigt. Ein NO-
Sensor 1 liefert an seinem Ausgang 1.1, im folgen-
den auch als Sensorausgang bezeichnet, ein Sensor-

signal S1, welches neben der gemessenen Gaskonzentration auch einen Störanteil, bedingt durch eine Verschiebung des Sättigungsgleichgewichts, aufweisen kann. Das Sensorsignal S1 wird mittels einer 5 Einlaufkompensation 2 dahingehend ausgewertet, ob ein durch Desorbtion bedingter Störsignalanteil vorhanden und gegebenenfalls wie hoch dieser ist. Gegebenenfalls wird der Störsignalanteil im Sensorsignal S1 kompensiert. Am Ausgang der Einlaufkompensation 2.2 liegt ein vom Störsignalanteil befreites Sensorsignal S2 an, welches mit einem Schwellenwert verglichen wird. Dazu ist die Schwellenwert-Auswertung 3 vorgesehen. Am Ende liegt ein Steuersignal in Form eines Schaltsignals 4 vor, das 10 eine, in den Figuren nicht dargestellte Umluftklappe steuert.

15

Der Aufbau der Einlaufkompensation 2 wird in Figur 20 2 in Form eines weiteren Blockdiagramms gezeigt. Der NO-Sensor 1 ist ausgangsseitig mit einem Tiefpass 5 verbunden, welcher das Sensorsignal S1 filtert. Das Tiefpassfilter 5 weist eine Zeitkonstante tv auf. Am Ausgang des Tiefpasses 5 liegt das gefilterte Sensorsignal S5 an. Das gefilterte Sensorsignal S5 wird mittels einer Recheneinheit 6 weiterverarbeitet. Dazu wird aus dem gefilterten Sensorsignal S5 die Steigung S' berechnet. Anschließend wird die Steigung S' einer Einheit 12 zur Vorgabe einer Zeitkonstante TH zugeführt. Die Einheit 25 12 zur Vorgabe der Zeitkonstante TH berechnet aus derer Steigung S' und einem Parameter a die Zeitkonstante TH. Falls sich aus dem Sensorsignal S1 des NO-Sensors 1 eine Zeitkonstante TH berechnet, welche derjenigen Zeitkonstante im Normalbetrieb 30

entspricht, wird diese dem Hochpassfilter 13 über dessen Steuereingang 13.1 zugeführt. Das ist der Fall, wenn der Leitwert NO-S des Sensors 1 zwischen p2*NO-Grenz und NO-Grenz liegt. Dies wird mittels 5 einer Entscheidungseinheit 7 festgestellt.

Falls mittels der Entscheidungseinheit 7 jedoch festgestellt wird, dass die Differenz des aktuellen Leitwerts des NO-Sensors 1 gegenüber einem Grenzwert NO-Grenz zu groß ist, das heißt der Leitwert NO-S des Sensors 1 ist kleiner als p1*NO-Grenz, wird auf den Steuereingang 13.1 des Hochpasses 13 die Zeitkonstante TH = T1 geschaltet. Dies ist ausschließlich zu Beginn des Einlaufvorgangs des Sensors 1 der Fall. In diesem Fall ist mit einer großen Steigung S' des Sensorsignals S1 zu rechnen. Da bei der Inbetriebnahme des Sensors 1 noch keine Daten über den Verlauf des Signals S1 bis zum Erreichen des Sättigungsgleichgewichts vorliegen, wird 10 abhängig von der Differenz zwischen dem Leitwert des NO-Sensors 1 und dem Grenzwert NO-Grenz mit einer festen, aus der Erfahrung gewonnenen Grenzfrequenz gestartet. Die Werte sind in einer Tabelle, im folgenden auch als Look-up-Tabelle bezeichnet, 15 20 25 hinterlegt. Sie werden abhängig von der aktuellen Differenz während des Einlaufvorgangs aktualisiert. T1 und T2 werden systembedingt angepasst.

Falls die Differenz des aktuellen Leitwerts des NO-Sensors 1 gegenüber dem Grenzwert NO-Grenz klein ist, das heißt der Leitwert NO-S des Sensors 1 ist 30 kleiner als p2*NO-Grenz, wird die Zeitkonstante TH = T2 auf den Steuereingang 13.1 des Hochpasses 13 gelegt. Aus der Steigung S' des gefilterten Sensor-

signals S5 kann die Störamplitude des Signals S2 nach dem Hochpassfilter 13 abgeschätzt werden. Die Zeitkonstante TH für den Hochpass 13 wird so eingestellt, dass eine definierte begrenzte Störamplitude des Signals S2 am Ausgang des Hochpassfilters 13 auftritt. Die Störamplitude wird so gewählt, dass eine mit dem Signal S2 steuerbare Umluftklappe nicht unbeabsichtigt geschlossen wird.

10 Der Einlaufvorgang des Sensors 1 ist ein monotoner Vorgang, der dann beendet ist, wenn das Sättigungsgleichgewicht, also das Gleichgewicht zwischen Adsorption und Desorbtion des Wassers durch den NO-Sensor 1 erreicht ist.

15 Die Signalform des logarithmierten Widerstands Inc lässt sich ab dem Einschaltzeitpunkt in erster Näherung durch die Funktion

20
$$Inc = a \cdot (1 - e^{\frac{t}{T}}) + b$$

darstellen, wobei
t die Zeit,
a ein experimenteller Parameter und der Übertragungsfaktor zwischen der Steigung S' und der Grenzfrequenz,
b ein experimenteller Parameter und
T ein experimenteller Parameter ist.

30 Das Messsignal weist einen Nutzsignalanteil und einen Störsignalanteil auf, wobei letzterer, bedingt durch die Desorbtion von Wasser, die Charakteristik einer PT1-Sprungfunktion hat. Unter PT1 wird ein

Verzögerungsglied erster Ordnung verstanden. Im Frequenzspektrum dieser Sprungfunktion herrschen zu Beginn hohe Frequenzanteile vor, die mit zunehmender Zeit abnehmen und verschwinden.

5

Der Störsignalanteil, im Folgenden auch als Störsignal bezeichnet, welcher durch die Desorbtion von Wasser bedingt ist, lässt sich daher zu Beginn durch das Hochpassfilter 13 mit einer geeignet hoch gewählten Grenzfrequenz für eine bestimmte Zeitdauer unterdrücken. Bei fortschreitendem Einlaufvorgang nehmen die hohen Frequenzanteile im Störsignal ab. Dem wird durch eine kontinuierliche Absenkung der Grenzfrequenz des Hochpassfilters 13 Rechnung getragen. Sobald ein Gleichgewicht zwischen Adsorption und Desorbtion erreicht ist, bleibt die Grenzfrequenz des Hochpassfilters 13 konstant und das anfangs gedämpfte Messsignal, welches nun ein reines Nutzsignal ist, kommt voll zur Geltung. Das am Ausgang des Hochpasses 13 abgreifbare Signal dient zur Steuerung der Umluftklappe.

Um die Grenzfrequenz für den Hochpass 13 dynamisch anpassen zu können, wird die näherungsweise Kenntnis über das Einlaufen des NO-Sensors 1 herangezogen.

Nach längerem Betrieb des NO-Sensors 1, ohne dass dieser dem zu messenden Gas ausgesetzt ist, stellt sich eine Leitfähigkeit ein, die mit NO-Grenz bezeichnet wird. Die Leitfähigkeit NO-Grenz stellt sich somit bei einem Gleichgewicht zwischen Desorbtion und Adsorption bei der Betriebstemperatur des NO-Sensors 1 ein. In der Praxis tritt jedoch der

Fall, daß der NO-Sensor 1 dem zu messenden Gas nicht ausgesetzt ist, kaum auf. Daher muss der Wert der Leitfähigkeit bei Erreichen des Gleichgewichts dadurch näherungsweise bestimmt werden, indem das

5 Sensorsignal S1 mittels eines Tiefpasses 5 gefiltert wird. Die Zeitkonstante t_v liegt dabei bei ca. 30 min. Der so gewonnene Wert für die Leitfähigkeit wird im Betrieb ständig in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt.

10

Die Steigung S' des Sensorsignals S1 ist kurz nach Inbetriebnahme des NO-Sensors 1, wie erwähnt, stark abhängig von der Lagerdauer des NO-Sensors 1. Die Lagerdauer kann in der Steuereinheit allerdings nur 15 mit hohem Aufwand bereitgestellt werden. Ersatzweise kann man das Sensorsignal S1 für eine bestimmte Zeit nach dem Einschalten des Sensors 1 beobachten und dann auf den weiteren Verlauf des Sensorsignals S1 schließen. Um den Einfluss von kurzzeitig hohen 20 Gaskonzentrationen zu minimieren, wird das Sensorsignal S1 zuerst mittels des Tiefpasses 5 gefiltert und dann dessen Steigung S' bestimmt.

25 Die Amplitude des Störsignalanteils, bedingt durch die Verschiebung des Gleichgewichts, fällt monoton im Verlauf des Einlaufvorgangs.

30 Die experimentellen Parameter a, b und T hängen von der Lagerdauer des Sensors 1 und dem Sensor selbst ab. Diese Parameter können daher nicht in Versuchen bestimmt und bei der Einlaufkompensation vorgehalten werden.

Bei der Erfindung wird die unterschiedliche Signal-
dynamik zwischen einer durch das zu messende Gas
erzeugten Signaländerung und einer durch die De-
sorption von Wasser erzeugten Signaländerung ausge-
nutzt. Eine Änderung in der Konzentration des zu
messenden Gases hat üblicherweise eine Zeitkonstan-
te zwischen 2 und 30 s. Das durch die Desorption
von Wasser bedingte Störsignal hat, je nach vorhe-
riger Lagerdauer des Sensors, eine Zeitkonstante
zwischen einigen Minuten und mehreren Stunden.

In Figur 3 sind mittels eines Zeitdiagramms mehrere
Signalverläufe gezeigt. Auf der x-Achse des Dia-
gramms ist die Zeit und auf der y-Achse des Dia-
gramms die Amplitude aufgetragen. Es ist zu erken-
nen, daß die Amplitude des nicht kompensierten NO-
Sensorsignals S1 anfänglich stark und später nur
mehr geringfügig zunimmt. Der Verlauf des kompen-
sierten Sensorsignals ist auch in Figur 3 gezeigt
und mit dem Bezugszeichen S2 versehen. Der Schwellenwert SW,
das gefilterte Signal 23, das Steuer-
signal 24 für die Umluftklappe und die Zeitkonstan-
te 26 sind ebenfalls in Figur 3 gezeigt. An der
wachsenden Zeitkonstante 26 ist erkennbar, wie die
Grenzfrequenz des Hochpassfilters in Richtung nied-
rigerer Werte verstellt wird und damit das System
für Gaspulse empfindlicher wird.

R. 303903

Patentansprüche

5

1. Gasmessvorrichtung mit Störkompensation, mit einem Gassensor (1) zum Erzeugen eines gaskonzentrationsabhängigen Messsignals (S1), welches einen Störanteil aufweisen kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Gassensor (1) ein Hochpassfilter (13) mit einstellbarer Grenzfrequenz nachgeschaltet ist, wobei die Grenzfrequenz mittels einer Auswahleinheit abhängig vom Störanteil vorgebbar ist.

15

2. Gasmessvorrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Tiefpassfilter (5) vorgesehen ist, das zwischen die Auswerteeinheit und den Gassensor (1) geschaltet ist.

20

3. Gasmessvorrichtung nach Patentanspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Recheneinheit (6) zwischen die Auswerteeinheit und das Tiefpassfilter (5) geschaltet ist und zur Berechnung der Steigung (S') eines vom Tiefpassfilter (5) stammenden Filterausgangssignals (S5) vorgesehen ist.

25

4. Gasmessvorrichtung nach Patentanspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahleinheit ausgangsseitig mit einem Steuereingang (13.1) des Hochpassfilters (13) verbunden ist und derart ausgebildet ist, dass damit anhand der Steigung (S') des Filterausgangssignals (S5) ein Wert auswählbar ist, mittels welchem die Grenzfrequenz des Hochpassfilters (13) einstellbar ist.

5. Gasmessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahleinheit derart ausgebildet ist, dass damit ein
5 erster Filterwert vorgebbar ist, wenn die Differenz zwischen dem Sensorwert und einem Sollwert ein Grenzwert überschreitet, dass ein zweiter Filterwert vorgebbar ist, wenn die Differenz zwischen dem Sensorwert und dem Sollwert innerhalb eines bestimmten Bereichs liegt und ein dritter Filterwert vorgebbar ist, wenn der Sensorwert dem Sollwert entspricht.

10 15 6. Gasmessvorrichtung nach Patentanspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste, der zweite und der dritte Filterwert Zeitkonstanten (TH) sind.

20 25 7. Gasmessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Hochpassfilter (13) ein Komparator (3) nachgeschaltet ist.

8. Gasmessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gas-
25 sensor (1) ein SnO₂-Gassensor ist.

9. Gasmessvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gas-
sensor (1) derart ausgebildet ist, dass damit
30 Stickoxid messbar ist.

10. Verfahren zur Gasmessung mit Störkompensation, wobei mittels eines Gassensors (1) ein gaskonzentrationssabhängiges Messsignals (S1) erzeugt wird,

welches einen Störanteil aufweisen kann, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsignal (S1) mittels eines Hochpassfilters (13) mit einstellbarer Grenzfrequenz gefiltert wird, wobei die Grenzfrequenz 5 von einer Auswahleinheit abhängig vom Störanteil vorgegeben wird.

R.303403

Zusammenfassung

5

Die erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung mit Störkompensation liefert umgehend nach dem sie in Betrieb genommen wurde, eine hohe Messgenauigkeit.

10 Dazu umfasst die Gasmessvorrichtung einen Gassensor (1) zum Erzeugen eines von der Gaskonzentration abhängigen Messsignals (S1), welches einen Störanteil aufweisen kann, dem ein Hochpassfilter (13) mit einstellbarer Grenzfrequenz nachgeschaltet ist. Die
15 Grenzfrequenz ist dabei mittels einer Auswahlseinheit abhängig vom Störanteil vorgebbar.

(Figur 2)

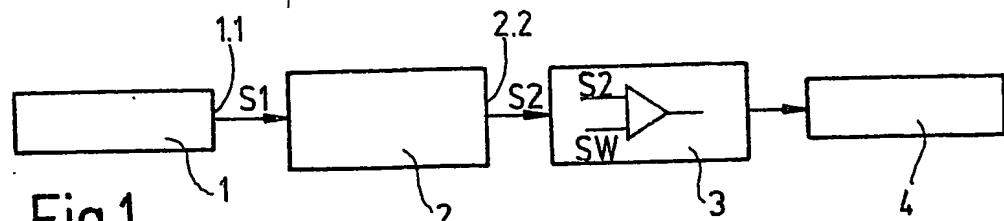


Fig.1

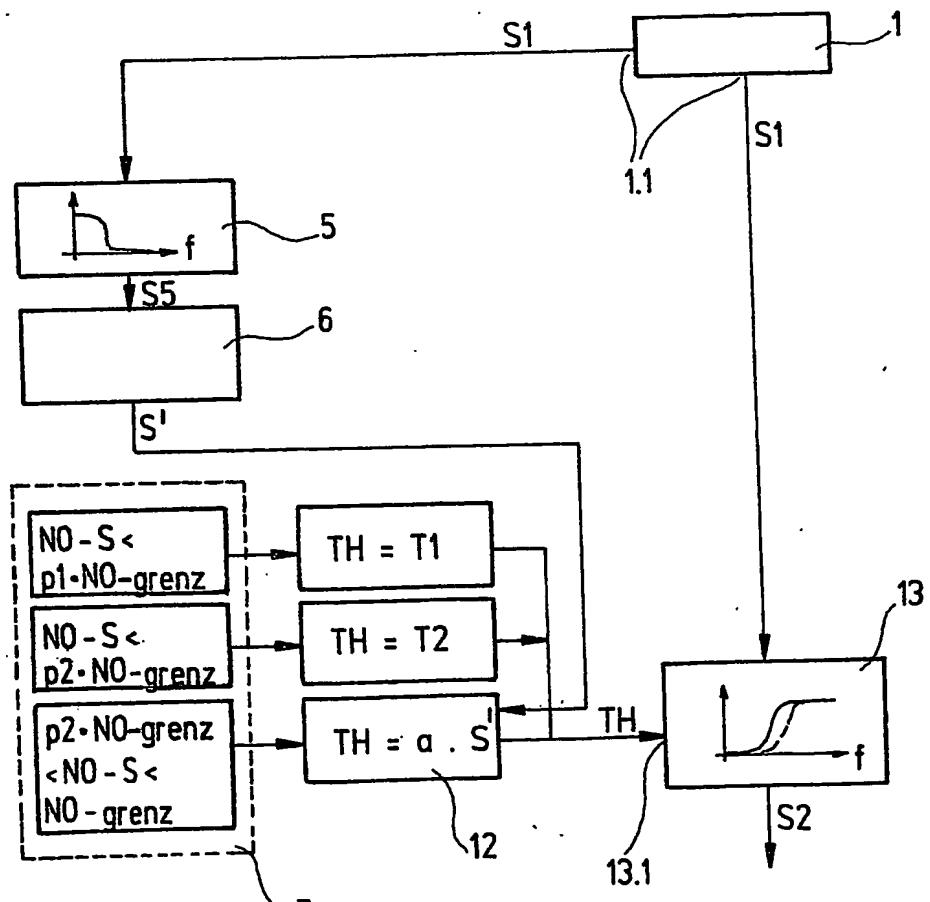


Fig.2

2 / 2

2.303903

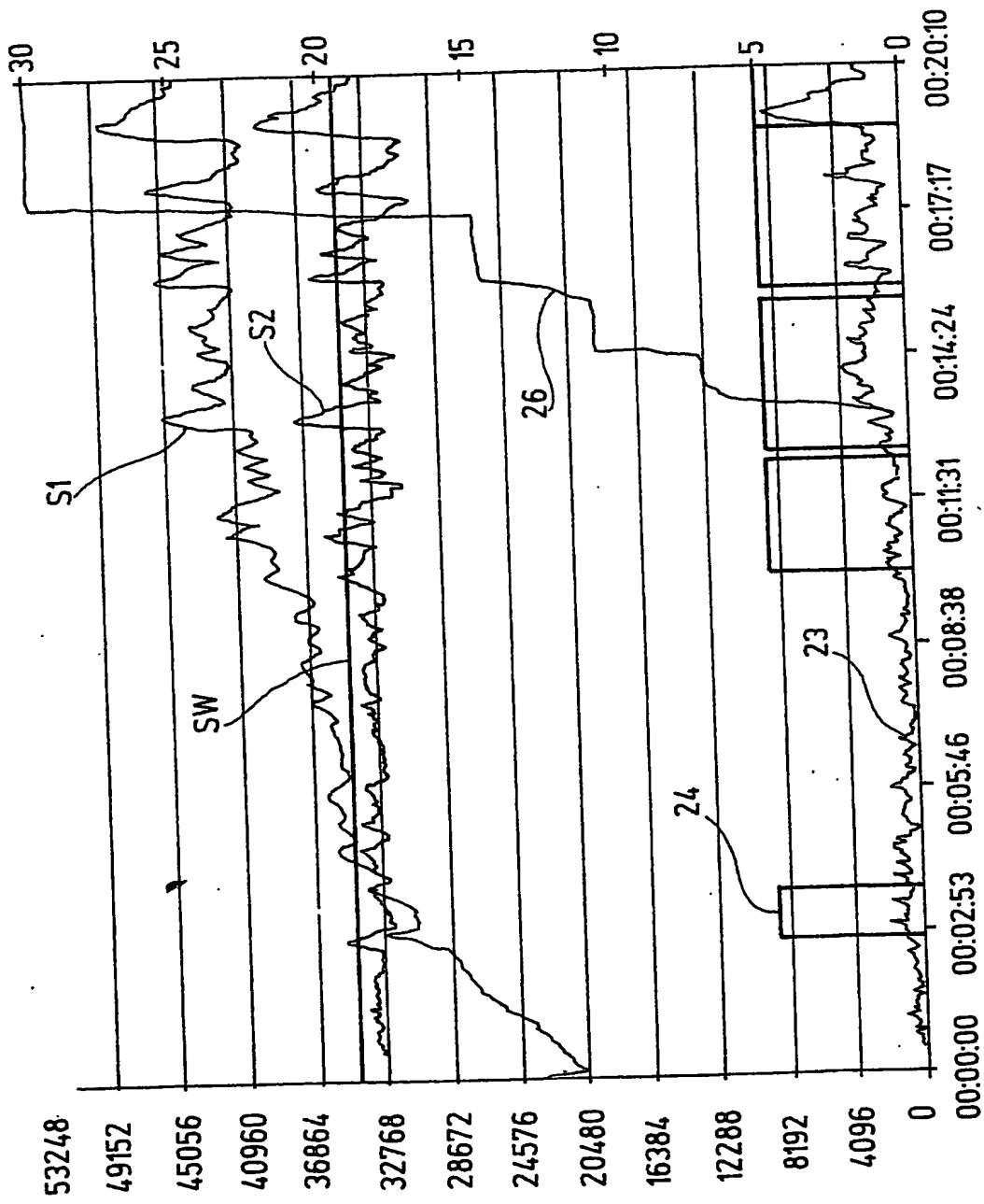


Fig.3